

Best Available Copy

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application: 2 0 0 4 年 3 月 2 3 日

出 願 番 号

Application Number: 特願 2 0 0 4 - 0 8 3 9 9 8

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 4 - 0 8 3 9 9 8

出 願 人

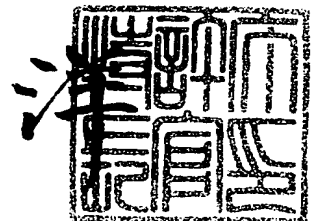
Applicant(s):

日本電信電話株式会社

2 0 0 5 年 6 月 2 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【官 公 司】	付 託 願
【整理番号】	NTTH157273
【提出日】	平成16年 3月23日
【あて先】	特許庁長官
【国際特許分類】	H01S 3/025
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号
【氏名】	日本電信電話株式会社内 藤原 直樹
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号
【氏名】	日本電信電話株式会社内 布谷 伸浩
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号
【氏名】	日本電信電話株式会社内 菊池 順裕
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号
【氏名】	日本電信電話株式会社内 柴田 泰夫
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号
【氏名】	日本電信電話株式会社内 八坂 洋
【特許出願人】	
【識別番号】	000004226
【氏名又は名称】	日本電信電話株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100078499
【弁理士】	
【氏名又は名称】	光石 俊郎
【電話番号】	03-3583-7058
【選任した代理人】	
【識別番号】	100102945
【弁理士】	
【氏名又は名称】	田中 康幸
【電話番号】	03-3583-7058
【選任した代理人】	
【識別番号】	100120673
【弁理士】	
【氏名又は名称】	松元 洋
【電話番号】	03-3583-7058
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	020318
【納付金額】	21,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1

【請求項 1】

基板上に、クラッド層で囲まれた光導波路を備える DBR 型波長可変光源であって、
前記光導波路は、発光機能を有する活性領域と、当該活性領域の両端に設けられた非活性領域とを備え、

前記非活性領域は、絶縁領域と波長可変機能を有する DBR 領域とを有する一方、

前記活性領域と前記 DBR 領域とは、前記絶縁領域を介して光学的に接合され、

前記非活性領域のうちの一方の DBR 領域は、波長シフト前の実効長がその飽和値の 95% 以上となる長さの回折格子を有し、他方の DBR 領域には前記長さより短い回折格子を有することを特徴とする DBR 型波長可変光源。

【請求項 2】

請求項 1 に記載する DBR 型波長可変光源であって、

前記他方の DBR 領域の実効長がその飽和値の 75% 以下となるようにしたことを特徴とする DBR 型波長可変光源。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載する DBR 型波長可変光源であって、

DBR 領域の端面に反射防止膜を施したことを特徴とする DBR 型波長可変光源。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 に記載する何れか一つの DBR 型波長可変光源であって、

前記一方の DBR 領域を設けず、高反射膜を施したことを特徴とする DBR 型波長可変光源。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 に記載する何れか一つの DBR 型波長可変光源であって、

前記活性領域の長さが $30\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする DBR 型波長可変光源。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 に記載する何れか一つの DBR 型波長可変光源であって、

発振波長シフト量のブラッグ波長シフト量に対する比が 0.9 以上 1.1 以下であることを特徴とする DBR 型波長可変光源。

【発明の名称】 DBR型波長可変光源

【技術分野】

【0001】

本発明はDBR型波長可変光源に関し、より詳細には、1つの波長制御電流により広帯域な連続波長可変が可能なDBR型波長可変光源に関する。

【背景技術】

【0002】

DBR型レーザは光通信用の波長可変光源として用いられており、その発振メカニズムや波長可変メカニズムについては既に報告がなされている（例えば、非特許文献1および2）。

【0003】

図10は従来技術に係るDBR型波長可変光源の基本構造を説明するための図で、(a)がその断面図、(b)がその上面図である。当該DBR型波長可変光源は基板11上に設けられた活性領域12の両端に位置する非活性領域13の双方に、絶縁領域15を介してDBR領域（分布反射器）14を形成しており、その発振波長は、共振器長により決まる縦モード波長のうちDBR領域14のブラッグ反射帯域内に存在する縦モード波長のみが選択されることで決定される。

【0004】

また、この光源は、電極18を介して活性領域12に注入される活性領域電流16に加え、電極18を介してDBR領域14にDBR制御電流17が注入される構成となっており、このDBR制御電流17がDBR領域14へ注入されることで生じる屈折率変化に伴い、縦モード波長とブラッグ波長とを共に短波側にシフトすることが可能である。

【0005】

ただし、DBR領域14へのDBR制御電流17の注入に対する感度は、縦モード波長よりはブラッグ波長の方が敏感でより短波側にシフトする。その理由としては、活性領域12と非活性領域13によって構成されるレーザ共振器のうち、非活性領域13もしくはDBR領域14にしか屈折率変化を生じないことに起因する。すなわち、ブラッグ波長シフトがDBR領域14の屈折率変化のみを反映しているのに対し、縦モード波長シフトはレーザ共振器全体の屈折率変化を反映しているためであり、縦モード波長シフト量は以下のように計算できる。

【数1】

$$\frac{\Delta\lambda_c}{\lambda_c} = \frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} \times \frac{L_{\text{eff-f}} + L_{\text{eff-r}}}{L_a + L_{\text{eff-f}} + L_{\text{eff-r}}} \quad (1)$$

【0006】

上式(1)において、 $\Delta\lambda_c$ は縦モード波長シフト量、 λ_c は縦モード波長、 $\Delta\lambda_B$ はブラッグ波長シフト量、 λ_B はブラッグ波長、 $L_{\text{eff-f}}$ および $L_{\text{eff-r}}$ は前側(front)および後側(rear)DBR領域の実効長であり、 L_a は活性領域長である。ここで、 L_{eff} はDBR領域14の実効的な長さであり、実効長もしくは有効長とよばれており、非特許文献2の定義に従った。

【0007】

DBRと、その実効長について補足する。DBR（分布反射器）内には一定ピッチの凸凹が形成されており、このピッチに対応する波長の光、すなわちブラッグ波長が選択的に強い反射を受ける。実際にはブラッグ波長を中心として数nmの高反射帯域が形成され、回折格子として作用する。

【0008】

ブラッグ反射の高反射帯域内の光は、図11に示すように分布的に反射を受けるため、光が感じる伝播長は実際のDBR領域の長さに比べて短くなり、実効長と呼ばれている。DBR領域の長さに対する実効長の計算結果を図12及び図13に示す（導波路伝播損失

1. $\alpha = 1.0$ の場合を仮定した。つまり、図 1.2 は大効長の DBR 領域長が十分に小さい図で、図 1.3 は実効長の飽和値を示す表である。

【0009】

これより、実効長は DBR 領域 1.4 が短い場合には（図 1.1 の 4.1 の領域では）その長さに対し直線的に増加するが、DBR 領域 1.4 が（図 1.1 の 4.2 の領域まで）長くなるとその値が飽和し、一定値に安定する。

【0010】

一方、反射率も同様に DBR が長くなるにつれて向上するが、活性領域の近傍で最も強い反射を受けるため、ある程度 DBR 領域が長くなると反射率は一定値に収束する。また、前述したが、回折格子の実効長は回折格子の分布反射状態を加味した場合の伝播光が感ずる光路長であるがゆえ、回折格子の長さに対し、反射率と実効長は極めて類似した増減を示す。

【0011】

DBR 領域と活性領域を集積して DBR 型波長可変光源とした場合には、反射率は活性領域と DBR 領域の接合部の結合損失により左右されるため、設計上のパラメータとしてふさわしくない。そこで、反射率を反映し、かつ接合部の結合損失の影響を受けない実効長を素子パラメータとして採用する。DBR 領域の実効長はレーザ共振器長、縦モード間隔、ブラッグ反射率等に関係するパラメータであり、この値を考慮すれば効率的なレーザ設計が可能である。

【0012】

さて、前式（1）の右辺 2 項目の分子（ $L_{eff-f} + L_{eff-r}$ ）は屈折率可変領域の総和、分母（ $L_a + L_{eff-f} + L_{eff-r}$ ）は全共振器長を示している。厳密に言えば、全共振器長には絶縁領域 1.5 の長さも加えるべきであるが、絶縁領域 1.5 は $5 \sim 10 \mu m$ と極めて短く構成されているため値のずれの影響が少ない。そこで、式（1）中では省略した。

【0013】

式（1）によれば、縦モード波長シフト量は右辺第 2 項の係数による分だけブラッグ波長シフト量より小さく、DBR 制御電流 1.7 を増加し続けられればいずれは縦モード波長がブラッグ反射帯域から長波長側に外れてしまい、隣の短波長の縦モードにレーザ発振が遷移し、モード跳びが生ずる。よって、DBR 制御電流 1.7 を増加させ続けられれば連続な波長シフトと離散的なモード跳びを繰り返しながら発振波長は短波長にシフトしてゆく。連続波長可変幅（連続波長シフト帯域）は非特許文献 3 に従えば、以下の式で表わされる。

【数 2】

$$\Delta\lambda_{CON} = \frac{\lambda^2 (L_{eff-f} + L_{eff-r})}{2n_{eff} L_a (L_a + L_{eff-f} + L_{eff-r})} \quad (2)$$

【0014】

上式（2）において、 $\Delta\lambda_{CON}$ は連続波長可変幅、 n_{eff} は実効屈折率を表している。波長可変レーザとしては連続の波長シフト帯域の広いものが好ましい。図 1.4 に示すのは図 1.0 で示すような DBR 型波長可変光源の波長可変特性であり、頻繁にモード跳びを繰り返してしまい、発振波長が離散的なものとなり好ましくない。

【0015】

この原因としては、図 1.5 に示すように、波長シフトに伴ってストップバンド（ブラッグ反射帯域）内で発振波長が長波長側に移動するからである。図 1.5 は図 1.0 に示す DBR 型波長可変光源の波長シフトにおけるスペクトルを説明する図である。

【0016】

モード跳びを回避する方法としては、位相調整領域を付加して多電極構成で波長制御を行う方法もあるが（非特許文献 1 参照）、制御項目が増えるため、制御簡便性に欠けてしまうのに加え、素子劣化時の各制御電流の変動を予想するのが難しく、実用上の問題となってしまう。1 電流による簡便かつ広帯域な波長可変を実現するためには、前記式（2）からわかるように活性領域長 L_e を短縮することで最も効果的に広帯域化し、図 1.6 で示

りよりに広いモードホップノット（連続波長可変）領域が得られる。非特許文献1に示された実験では、活性領域長 L_e を変えてDBR型レーザを作製し、理論値通りの広帯域化が得られている。

【0017】

ここでは、図10に示したような一般的なDBR型波長可変光源において、発振モードの初期位相と閾値電流およびキャリア密度について補足する。活性領域電流16の増加に伴って活性領域12のキャリア密度は急激に増加し、レーザ発振が生じたところでクランプ（ほぼ一定値に安定）され、さらに活性領域電流16を増加すると非常にゆるやかに増加してゆく。発振モードの初期位相を決定する屈折率はキャリア密度の増加に伴い減少するという関係がある。すなわち、閾値電流の値により初期位相が決定し、閾値電流が大きければ発振モードはその分だけ短波長にシフトしていることになる。その後は活性領域電流16を増加させてもキャリア密度がクランプされているためほとんど変わらない。

【0018】

波長制御を行った場合には、DBR制御電流17の注入に伴う反射率の減少から、活性領域電流16の発振閾値が増加するが、連続波長可変幅の拡大のための活性領域をただ短縮しただけのDBR型レーザでは、活性領域12の利得不足を補うため、前後のDBR領域14を実効長が飽和するまで十分長くして高反射率としてレーザ発振停止を防止していた。したがって波長制御時に発振閾値電流が増加することはあっても、その変化率を制御することは出来なかった。

【0019】

なお、この種の従来技術を開示する公知文献として次の非特許文献1乃至3を挙げることができる。

【0020】

【非特許文献1】半導体フォトリソ工学 P.306～311 監修：池上徹彦 コロナ社 1995年1月10日発行

【非特許文献2】半導体レーザ P.283～288 応用物理学会編／伊賀健一 編著 オーム社 平成6年10月25日発行

【非特許文献3】波長可変半導体レーザの高性能化に関する研究（博士論文）P.39～43、P.54～59、P.65～68 石井啓之 1999年3月

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

上述の如き活性領域の短縮による方法では、式(2)の $\Delta\lambda_{CON}$ を大きく超える連続波長シフトはできず、3nm程度の連続波長シフトが限界となってしまう。6nm以上の連続波長可変幅を実現しようとするれば、活性領域12を30 μ m程度まで短縮する必要があり、活性領域の利得不足を補うために長く高反射率が得られるDBR領域14を備えるため、低出力の光源となってしまう。それに加えて、活性領域12の長さとし、および発振モードの位相条件を厳密に決定しておかなければ、図17で示すように波長シフトを開始してすぐにモード跳びが生じてしまい、実用上の問題となっていた。

【0022】

本発明は、上述の如き従来技術の問題点に鑑み、より広帯域の波長可変特性をもち、6nm以上の連続波長シフトが可能でありながら従来技術に比べて高出力なDBR型波長可変光源を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0023】

上記目的を達成する本発明の構成は、先ず、

基板上に、クラッド層で囲まれた光導波路を備えるDBR型波長可変光源であって、前記光導波路は、発光機能を有する活性領域と、当該活性領域の両端に設けられた非活性領域とを備え、

前記非活性領域は、絶縁領域と波長可変機能を有するDBR領域とを有し、前記DBR

領域と前記活性領域とは、前記電極領域を介して互いに接合され、

前記非活性領域のうちの一方のDBR領域には、実効長の飽和値の95%以上となる長さの回折格子を形成し（以下、後側DBR領域とする）、もう一方には前記長さよりも短い回折格子を形成し、短い回折格子側のDBR領域（以下、前側領域とする）より光を取り出すことを特徴とする。

【0024】

また、高出力を得るためには、前側のDBR領域の回折格子はその実効長の飽和値の75%以下となるように形成し、両DBR領域の端面には反射防止膜を施したものが好ましい。

【0025】

光源サイズの小型化には長い側のDBR領域を高反射膜で置き換えたものが好ましい。さらに好ましくは、発振波長シフト量とブラッグ波長シフト量の比が0.9以上1.1以下であること。比がこの範囲に入っていれば、完全モードホップフリー条件（発振波長シフト量とブラッグ波長シフト量の比が1）を満たさなくても、ほとんどの場合にモード跳びが生じないからである。

【0026】

DBR領域の反射率を適切に決定すれば、発振閾値の増減率を最適化でき、式（3）の関係満足する光源が実現できる。

【0027】

広帯域化と同時に出力も向上させるためには、後側のDBR領域29は高反射率を得るように十分に長くし、前側のDBR領域24の長さを短縮するのが好ましい。光の出射側のDBR領域が短ければ、光の透過率が向上するからである。前述のように反射率と実効長は相関があるため、前側DBR領域24の長さを実効長の増減に寄与する臨界長さ以下（図11の41の領域）の範囲で増減させれば、波長シフト時の発振閾値の増加率 ΔI_{th} を制御でき、連続波長可変量の拡大が行える。

【0028】

実効長がDBR領域の長さ依存性を有することは上述したが、DBR領域を十分に長くした場合（長さ1000 μm ）の実効長を、実効長の飽和値として図13に示した。図13に示した回折格子結合定数は通常の方法（ウェットエッチング、ドライエッチング）で比較的容易に形成できる範囲であり、この範囲において、DBR領域の長さを実効長がその飽和値の75%以下となるようにすると、約50%（もしくはそれ以上）の透過率が得られ、より高い光出力が得られる。

【発明の効果】

【0029】

本発明のDBR型波長可変光源によれば、波長シフト時の閾値電流変化率を適切に制御することが出来、従来の連続波長可変理論値（式（2）の $\Delta\lambda_{CON}$ ）を超えてさらに広帯域な連続波長シフトが可能となり、それに加えてレーザ光の出力も増加できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下に図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

【0031】

図1は、本発明の実施の形態に係るDBR型波長可変光源の構造を説明するための構造図である。同図に示すように、基板21上には、電流注入や光励起等による発光機能を有する活性領域およびバンドギャップが活性領域22のそれよりも大きな非活性領域23が設けられており、これらの22および23の領域には、各々、活性導波路と非活性導波路とが設けられて光導波路を構成している。

【0032】

また、後側の非活性導波路23は、DBR実効長がその飽和値の95%以上となるような十分に長く高反射率のDBR領域と絶縁領域25を有し、活性導波路を介して反対側にある前側の非活性導波路23は、DBRの実効長が後側DBR領域29の長さ以下となる

より短いDBR領域と絶縁領域とを有している。

【0033】

前述のように、DBR型波長可変光源は活性領域電流26を一定電流で駆動している場合であっても、その発振閾値電流が増加していれば活性領域のキャリア密度も増加しており、それに伴い屈折率が減少している。

【0034】

活性領域22の屈折率減少は縦モード波長を短波長にシフトさせる効果があるため、波長制御電流27の注入に伴うブラッグ波長シフト量と、波長制御電流27の注入および発振閾値電流の増加により決定される縦モード波長シフト量が一致させられれば、ブラッグ波長と縦モード波長が同時にシフトし、モード跳びの問題を解消することができる。これは、式(2)の右辺第2項の分子が分母と等しくなることを意味しており、この場合の縦モード波長シフト量は以下の式(3)で示される。

【数3】

$$\frac{\Delta\lambda_c}{\lambda_c} = \frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} \quad (3)$$

【0035】

この式(3)の意味するところは、レーザ共振器を構成する活性領域22と前側DBR領域24および後側DBR領域29の屈折率が等しく減少することである。そのため、DBR制御電流17の注入に伴ってDBR領域14の屈折率が減少し続ける限り発振波長はモード跳びを起こさずに短波長にシフトし、初期位相を考慮して厳密な設計を行わなくても、図17のように波長シフトを開始してからすぐにモード跳びが生ずる現象は起こらない。

【0036】

これを実現するためには、DBR領域の反射率を適切に決定すれば、発振閾値の増減率を最適化でき、式(3)の関係を満足する光源が実現できる。広帯域化と同時に出力も向上させるためには、後側DBR領域29は高反射率を得るように十分に長くし、前側DBR領域24の長さを短縮するのが好ましい。光の出射側のDBR領域が短ければ、光の透過率が向上するからである。前述のように反射率と実効長は相関があるため、前側DBR領域24の長さを実効長の増減に寄与する臨界長さ以下(図11の41の領域)の範囲で増減させれば、波長シフト時の発振閾値の増加率 ΔI_{th} が自在に変更でき、連続波長可変量の拡大が行える。

【0037】

本発明を用いた場合には図3に示すように波長シフトを行ってもストップバンド内で発振波長が移動せず、ブラッグ波長と発振波長が等しい量だけ短波長へシフトしている。この場合、図4で示すように完全にモードホップフリー(モード跳びがない)波長可変特性が実現できる。

【0038】

したがって、従来の連続波長可変幅を拡大したレーザ(短活性領域DBR型波長可変光源)より活性領域を長くしてもモード跳びが起こらず、同等、もしくはそれ以上の連続波長可変幅が得られる。また、一方の前側DBR領域の長さの短縮に伴って透過率が向上し、高出力化が得られる。

【0039】

活性領域の長さを $30\mu\text{m}$ 、 $54.5\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ とし、その両端に接する絶縁領域25は $10\mu\text{m}$ 、後側DBR領域29は、長さをそれぞれ $400\mu\text{m}$ とし、回折格子結合定数 100cm^{-1} とした。前側DBR領域24については、その長さを30、50、80、 $100\mu\text{m}$ から $400\mu\text{m}$ まで変化させた場合の実験値を図5に示す。また実験に用いたDBR型波長可変光源のDBR領域は導波路損失が以下のような式(4)で表されるものを用いた。

$$\Gamma\Delta\alpha = 5.27 \Delta\lambda_{\text{Bragg}} + 5.54 \text{ (cm}^{-1}\text{)} \quad (4)$$

【 0 0 4 0 】

この式(4)において左辺は導波路の光閉じ込め効率を考慮した伝播光に対する導波路損失で右辺 $\Delta\lambda_{\text{Bragg}}$ はブラッグ波長シフト量を示す。図5よりDBR領域24を短縮するにつれて式(3)で示す条件に近づき、広帯域化することがわかる。

【 0 0 4 1 】

活性領域の長さを $30\mu\text{m}$ としたものは、前側DBR領域を $200\mu\text{m}$ 以上とした場合、式(3)が成立する理想的な波長可変特性を示したものの、活性領域を短縮しすぎたため発振利得が不足し、発振波長が 4nm シフトしたところで発振が停止する。また、活性領域の長さを $100\mu\text{m}$ とした素子では、発振の停止は起こらないものの、式(3)の値が $0.6 \cdot 0.7$ で理想的な条件にすることができず、 3nm の波長シフトを行ったところでモード跳びが生じてしまう。一方、活性領域の長さが $54.5\mu\text{m}$ の素子では広帯域波長可変が可能であり、そのうち、帯域が広くかつ比較的に高出力が得られた素子(前側DBR領域の長さが $80\mu\text{m}$)のものについてその特性を以下の実施例に基づいて更に詳細に説明する。

【 実施例 1 】

【 0 0 4 2 】

本実施例1では、図1に示した構成のDBR型波長可変光源を基板21としてInPを用い、発振波長 $1.55\mu\text{m}$ の光源を作製した場合について説明する。

【 0 0 4 3 】

バンドギャップ波長 $1.57\mu\text{m}$ のInGaAsPの活性領域22の両端(前後)に、バンドギャップ波長 $1.3\mu\text{m}$ のInGaAsPの非活性領域23を形成した。活性領域22の長さは $54.5\mu\text{m}$ とし、その両端に接する絶縁領域25は $10\mu\text{m}$ 、前側DBR領域24および後側DBR領域29は、長さをそれぞれ $80\mu\text{m}$ と $400\mu\text{m}$ とし、回折格子結合定数は 100cm^{-1} とした。

【 0 0 4 4 】

前側のDBR領域24は、長さを $80\mu\text{m}$ として波長シフト時に適切な閾値変動を誘発させるように作製し、測定を行った。導波路幅は全て $1.5\mu\text{m}$ として、単一モード動作のDBR型波長可変光源とした。活性領域22の導波路幅に関しては、非活性領域23よりも広くし、セルフイメージング効果を持たせた擬似シングルモード導波路等でも構わない。

【 0 0 4 5 】

活性領域22と非活性領域23はバットジョイント法により光学的に接合し、素子の構造は、通常のDBR型波長可変光源と同様に埋め込み構造とした。素子構造については、埋め込み構造に限らず、リッジ構造で作製しても同様の効果が得られる。また、両DBR領域の端面には反射防止膜を施してある。

【 0 0 4 6 】

活性領域22と非活性領域23とはバンドギャップ波長の異なる半導体結晶で構成され、活性領域22は電流注入や光励起等による発光機能、前側DBR領域24および後側DBR領域29は電流注入による屈折率変化による波長可変機能を有している。

【 0 0 4 7 】

図6に発振波長およびブラッグ波長のシフトと共に、式(1)にブラッグ波長のシフト量を代入した場合の発振波長シフトの計算値を示す。発振波長シフト量とブラッグ波長シフト量の比は 0.9 ではほぼ完全なモードホップフリー波長可変が可能範囲となっている。電流を 60mA まで注入することにより、 6nm の連続波長可変を実現している。ここで、DBR制御電流27が -9mA から始まっているのは活性領域22からのリーク電流のためであり、 -9mA の測定点はDBR領域のゼロバイアス(アース状態)に対応してい

る。この図より、式(1)より計算される連続波長可変幅の理論値(113nm)とDBR領域の屈折率変化に由来する発振波長変化)よりも約2nm広い可変帯域を得ており、また、式(1)より予想される発振波長シフト(計算値)よりも大きく発振波長シフトが生じていることが分かる。この実験値と式(1)による理論計算値の差分を図7に示す。図7より、DBR制御電流27の増加につれて、約2nmだけ余計に波長シフトが生じていることがわかる。

【0048】

そこで、本実施例の効果を詳しく実証するため、活性領域電流に対する光出力依存性(I-L特性)を、DBR制御電流27をアース状態から60mAまで変えて測定を行った。その結果を図8に示す。同図に示すように、DBR制御電流27を増加させると、発振閾値は7mAから20mAまで徐々に増加し、13mAの閾値変動が誘発されていることを確認できる。この閾値電流の変動による発振波長シフト量(DBR制御電流27をアースした時の閾値電流値はDBR領域27へのリーク電流を考慮してある)と図7に示したプロットを同一グラフ上に描いた結果を図9に示す。これより、両者で良好な一致を示した。また、図8より、波長シフト時においても1mW以上、最大4.7mWの高出力が得られている。

【0049】

以上のように、本実施例1により広帯域連続波長可変および出力向上の効果が得られた。

【実施例2】

【0050】

本実施例2では、実施例1のDBR型波長可変光源の後側DBR領域を高反射膜で置き換え、図4に示すような光源を作製した。この場合について説明する。

【0051】

同図に示すように、活性領域の長さは40μmとし、後側DBR領域を90%の高反射膜に置き換えてそちら側に反射防止膜は施さず、その他の構成および素子パラメータは実施例1と同じにして作製した。

【0052】

この結果、実施例1と同様に6nmの連続波長可変と1mW以上の高出力を得た。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本発明の実施の形態(請求項1~3、5、6に対応する。)に係るDBR型波長可変光源を示す図で、(a)がその断面図、(b)がその上面図である。

【図2】本発明の実施の形態(請求項4~6に対応する。)に係るDBR型波長可変光源を示す図で、(a)がその断面図、(b)がその上面図である。

【図3】本発明の実施の形態に係るDBR型波長可変光源の波長シフトにおけるスペクトルを説明する説明図である。

【図4】本発明の実施の形態に係るDBR型波長可変光源の波長可変特性を示す特性図である。

【図5】発振波長シフト量のブラッグ波長シフト量に対する比を示す特性図である。

【図6】本発明の実施例1に係るDBR型波長可変光源の波長可変特性を示す特性図である。

【図7】本発明の実施例1に係る発振波長と式(1)による理論値からのずれ量を示す特性図である。

【図8】本発明の実施例1に係るDBR型波長可変光源のI-L特性を示す特性図である。

【図9】本発明の実施例1に係るDBR型波長可変光源において、閾値電流変動によりもたらされる波長シフトと図7で示す値との比較を示す特性図である。

【図10】従来技術に係るDBR型波長可変光源を示す図で、(a)がその断面図、(b)がその上面図である。

【図 1 1】 実効長の増減を説明するための説明図である。

【図 1 2】 実効長の D B R 領域の長さに対する依存性を示す特性図である。

【図 1 3】 実効長の飽和値を示す表である。

【図 1 4】 従来技術に係る D B R 型波長可変光源の波長可変特性を示す特性図である。

【図 1 5】 従来技術に係る D B R 型波長可変光源の波長シフトにおけるスペクトルを説明するための説明図である。

【図 1 6】 活性領域を短縮した D B R 型波長可変光源の波長可変特性を示す特性図である。

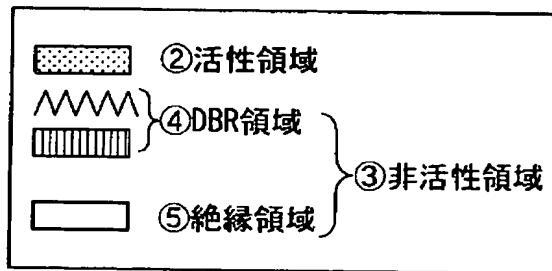
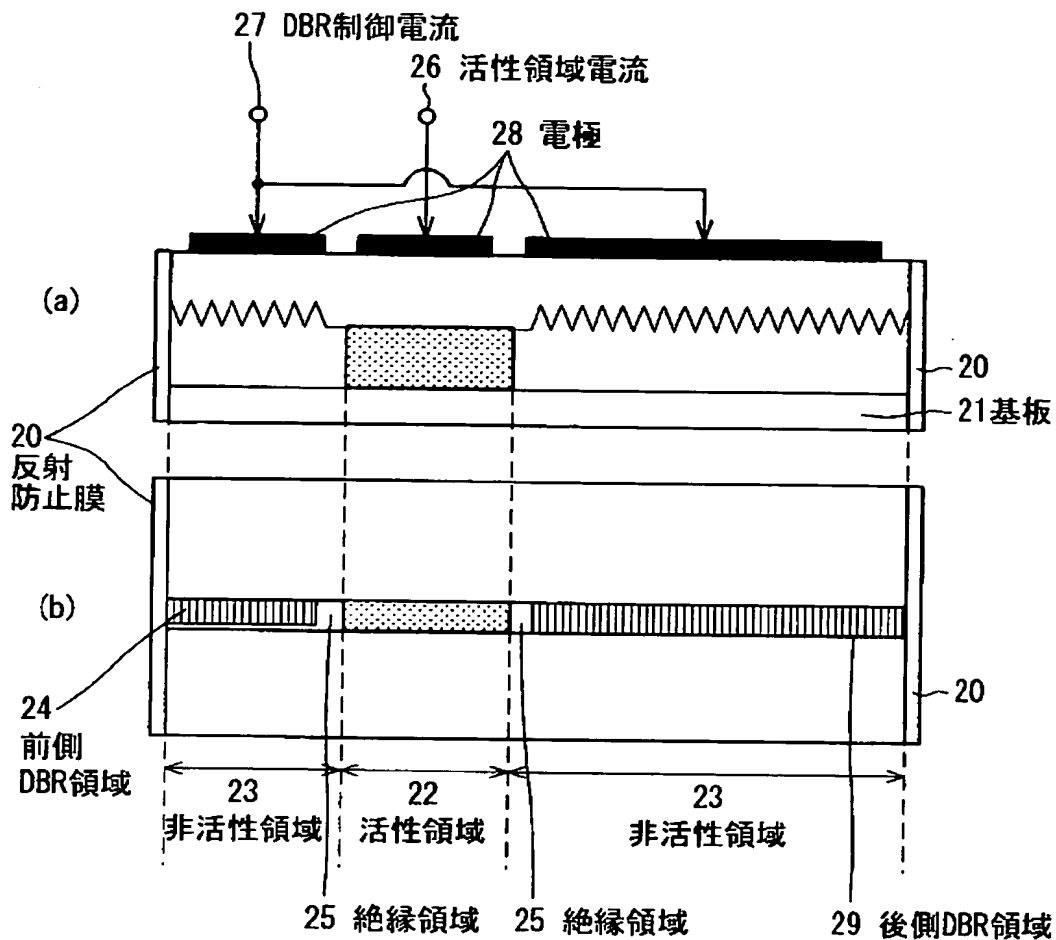
【図 1 7】 活性領域を短縮した D B R 型波長可変光源において、初期位相条件が適切でない場合の波長可変特性を示す特性図である。

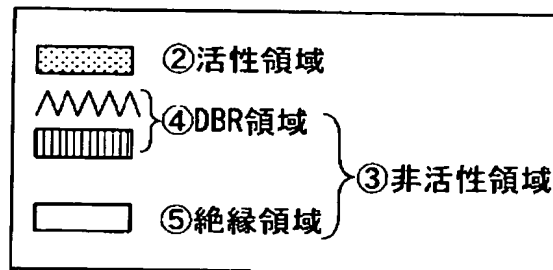
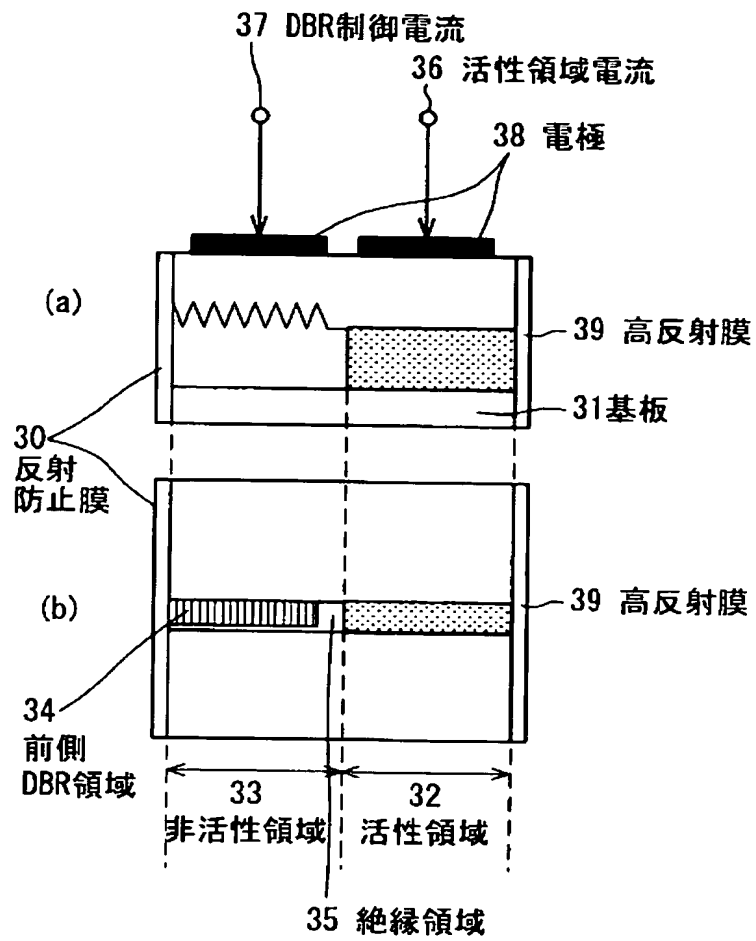
【符号の説明】

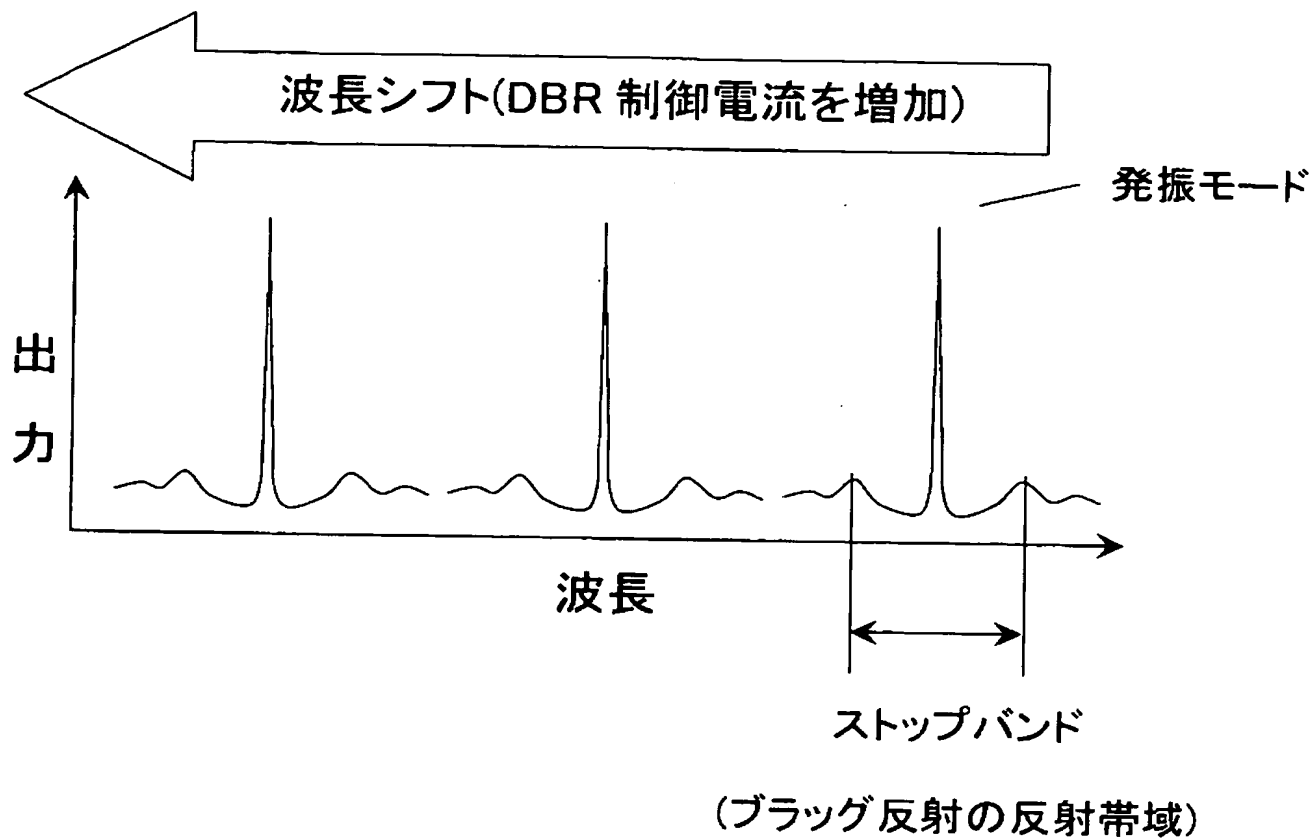
【 0 0 5 4 】

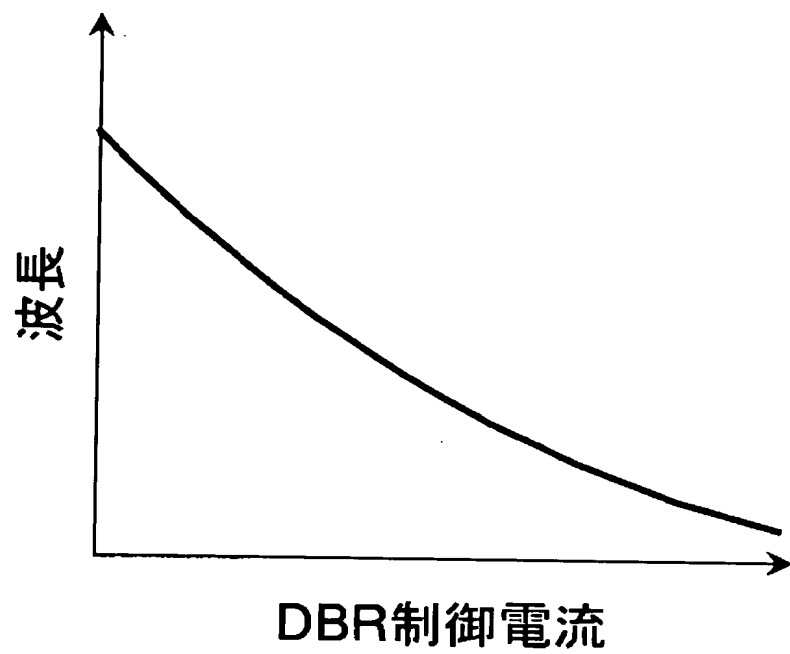
2 2、3 2	活性領域
2 3、3 3	非活性領域
2 4、3 4	前側 D B R 領域
2 5、3 5	絶縁領域
2 8、3 8	電極
2 9	後側 D B R 領域

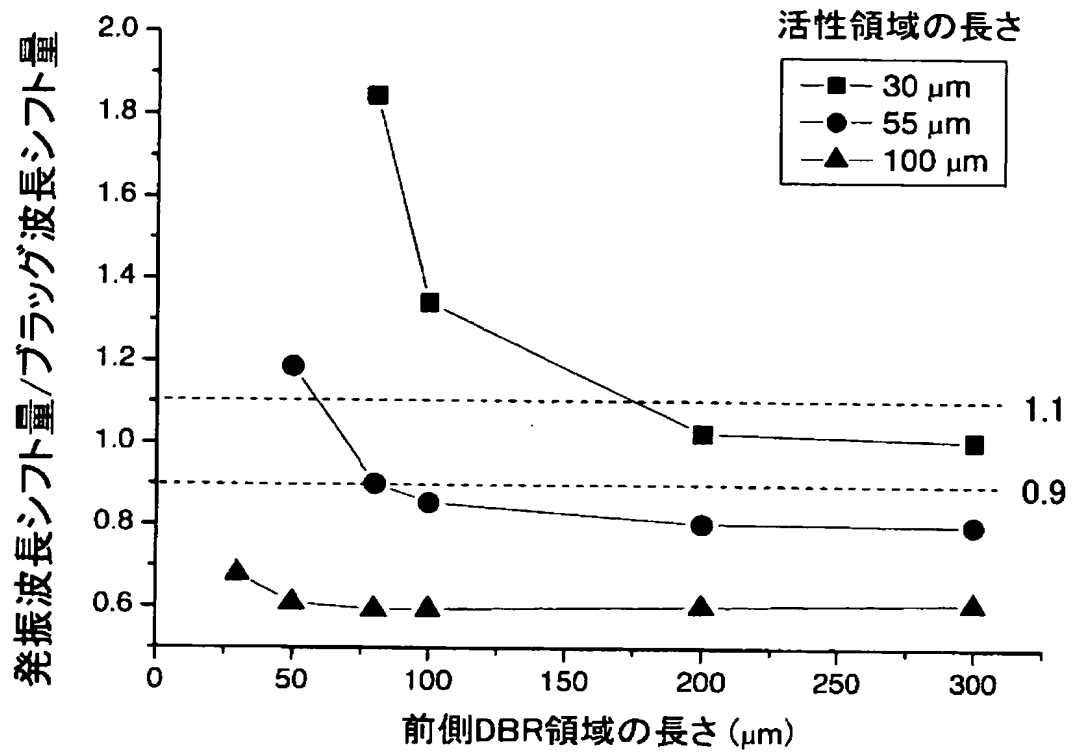
【图 1】

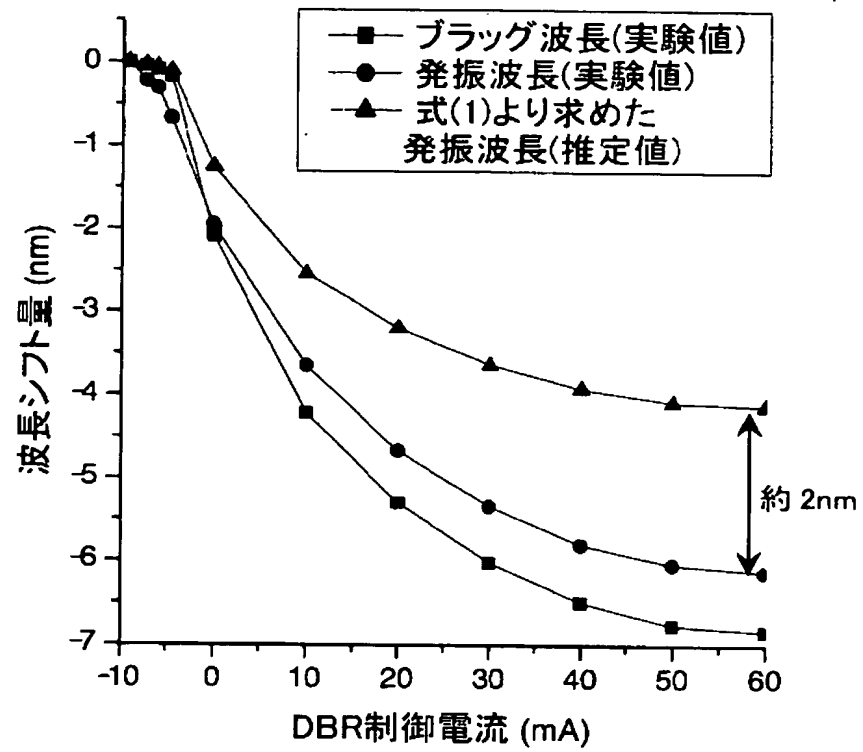


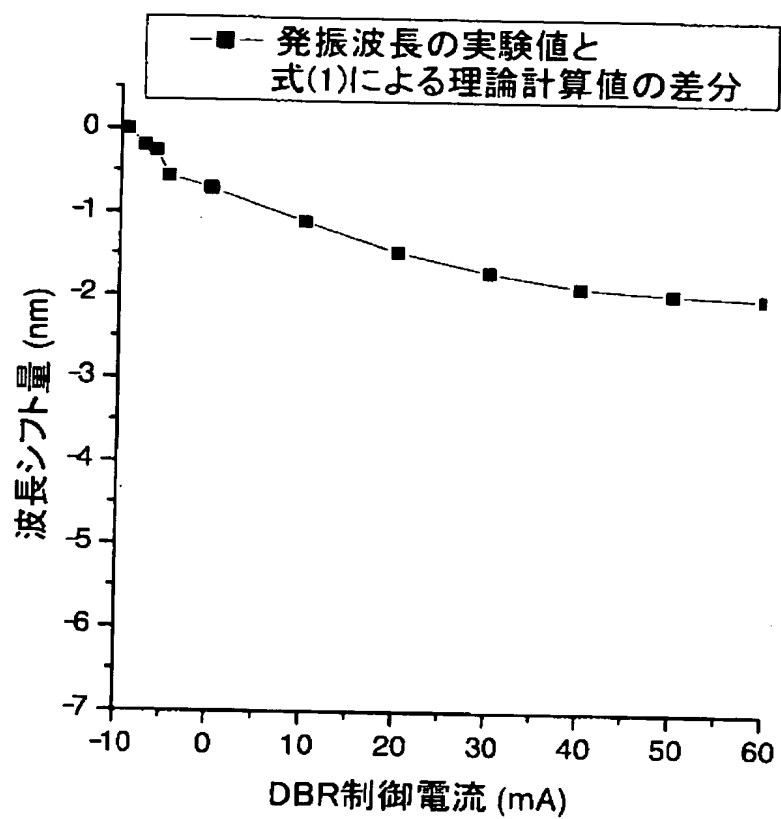


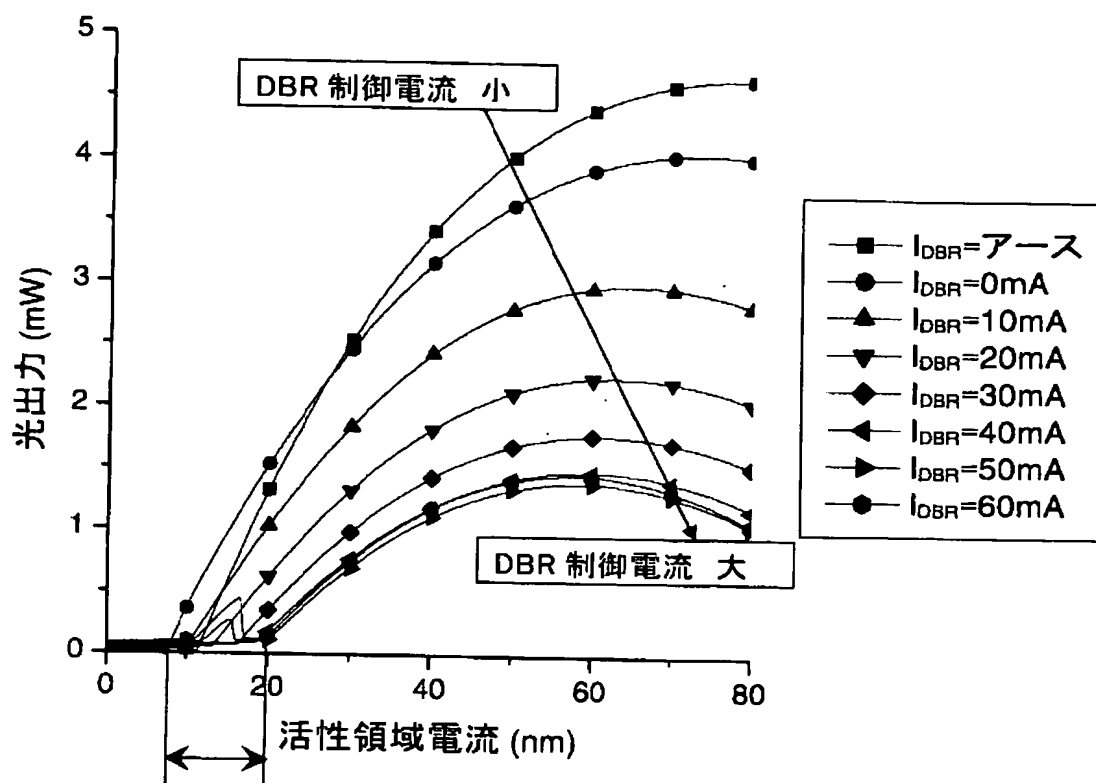




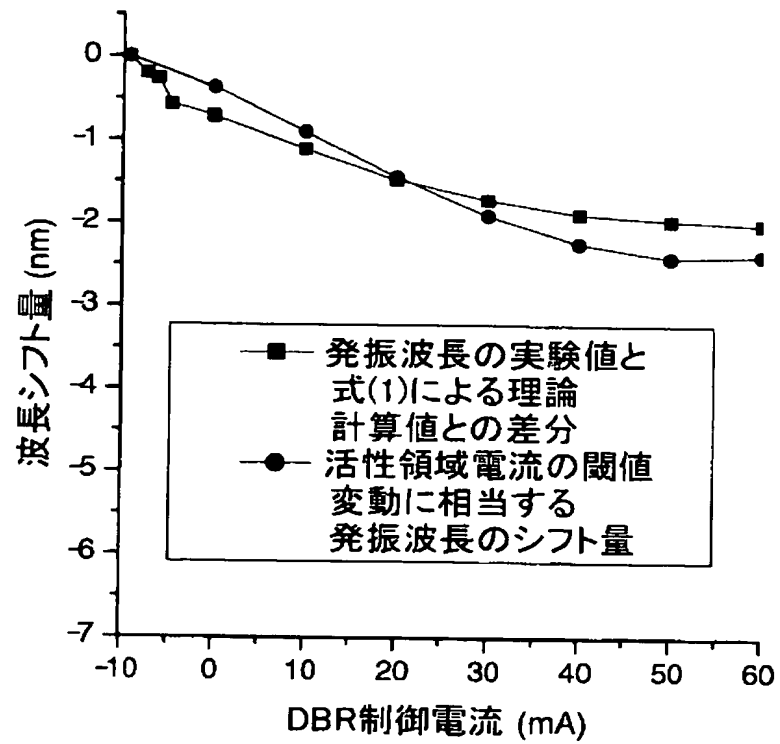


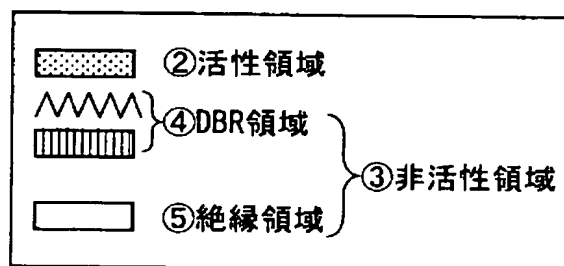
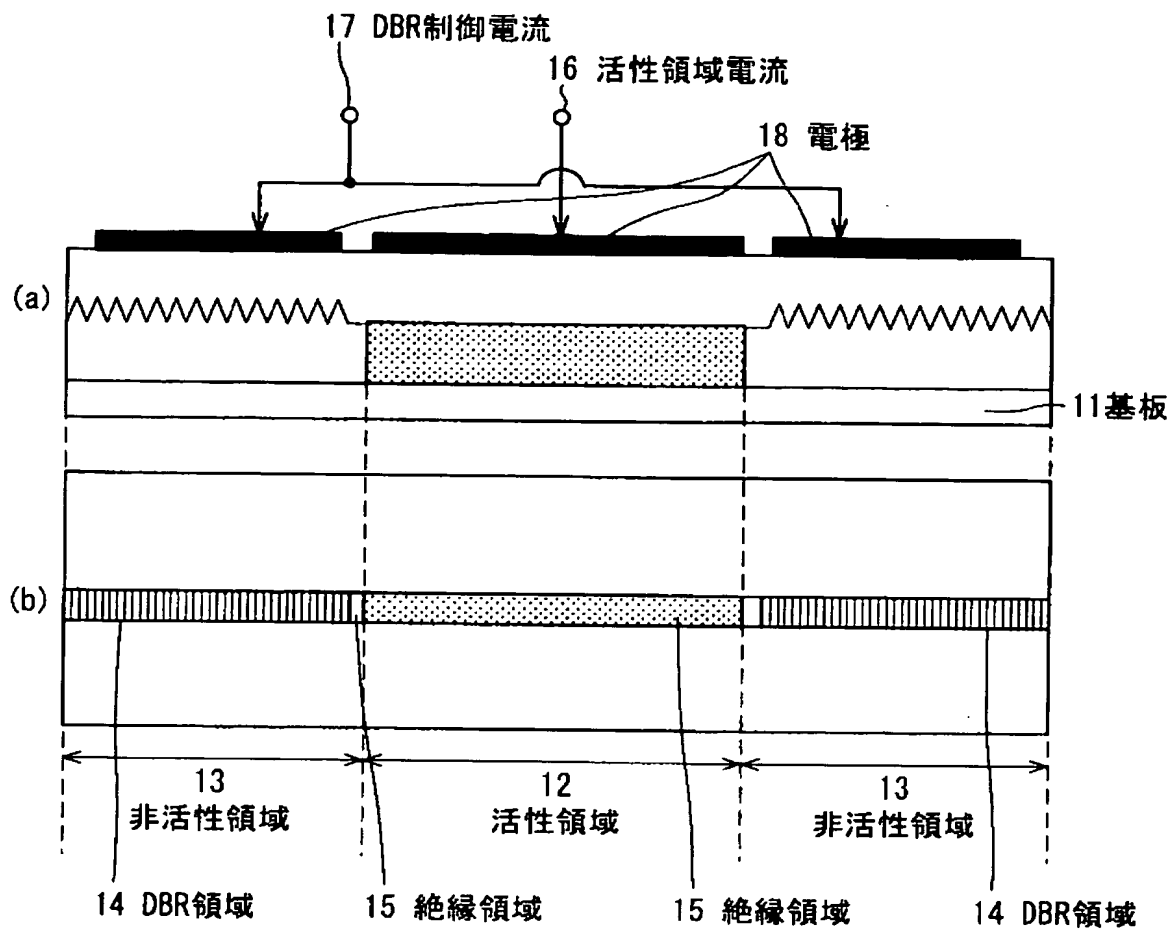


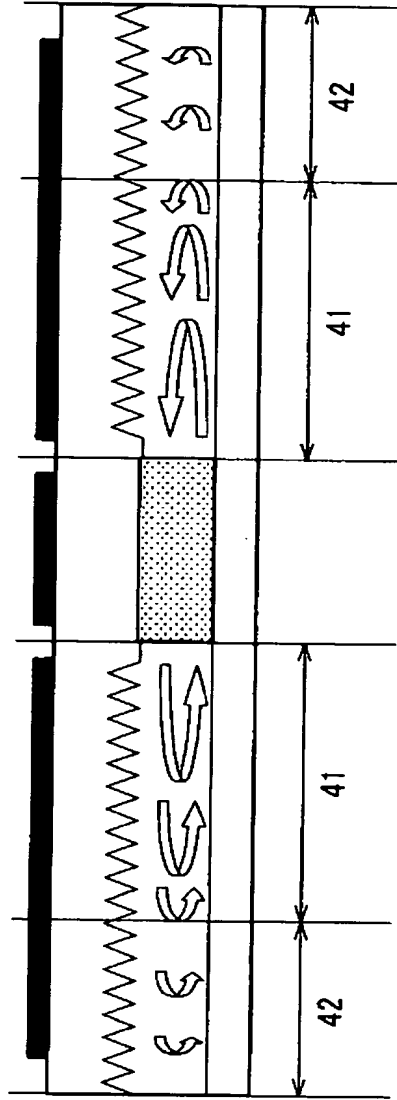


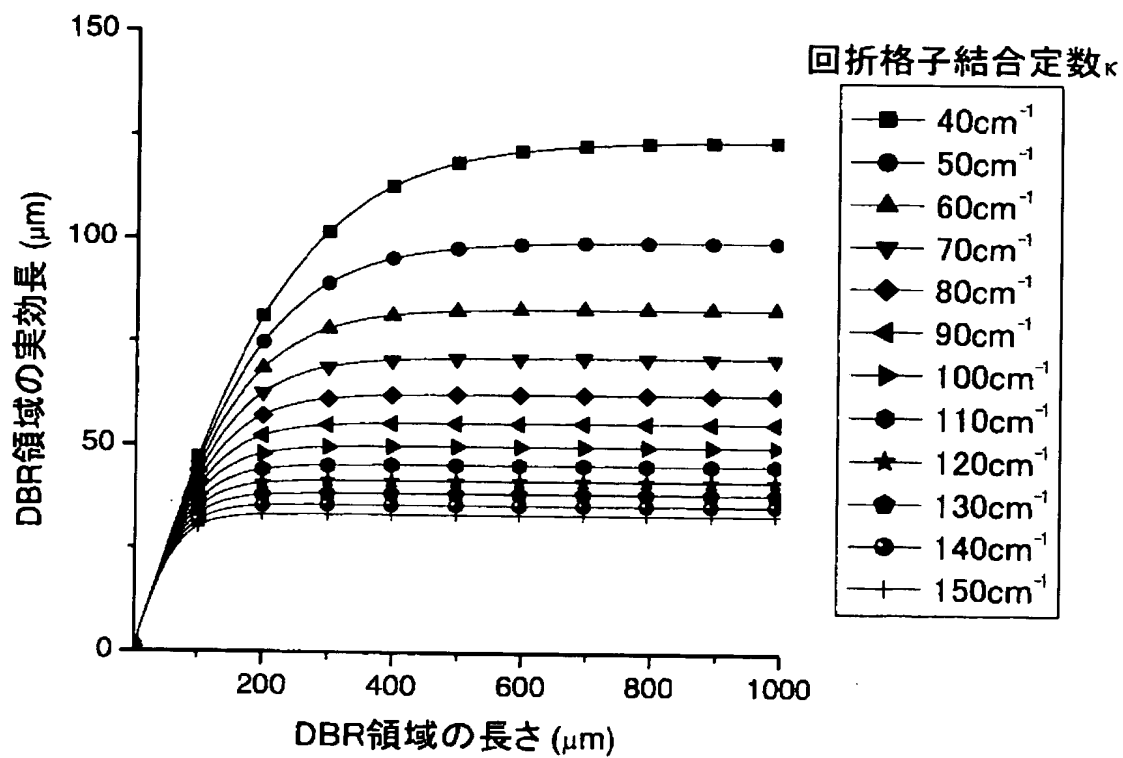


発振閾値の変動分($\Delta 13\text{mA}$)

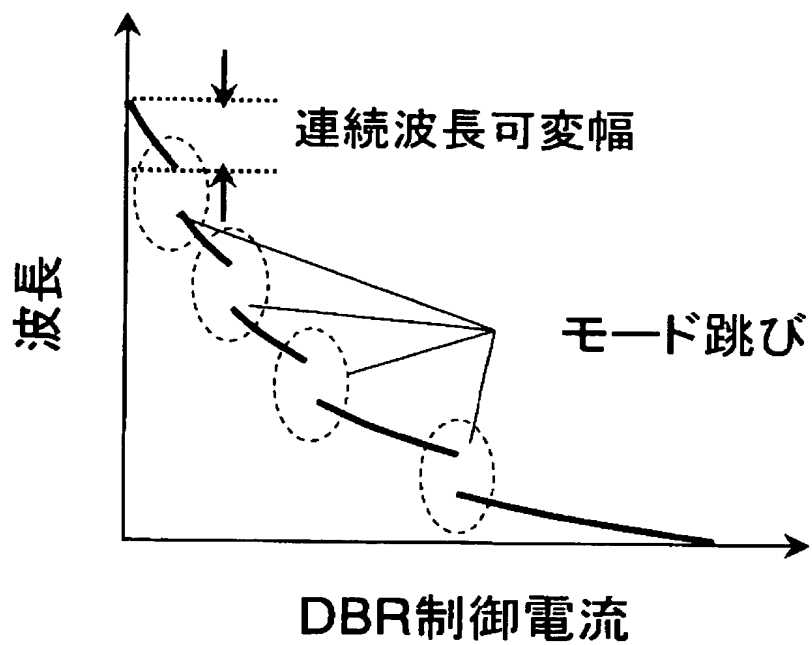


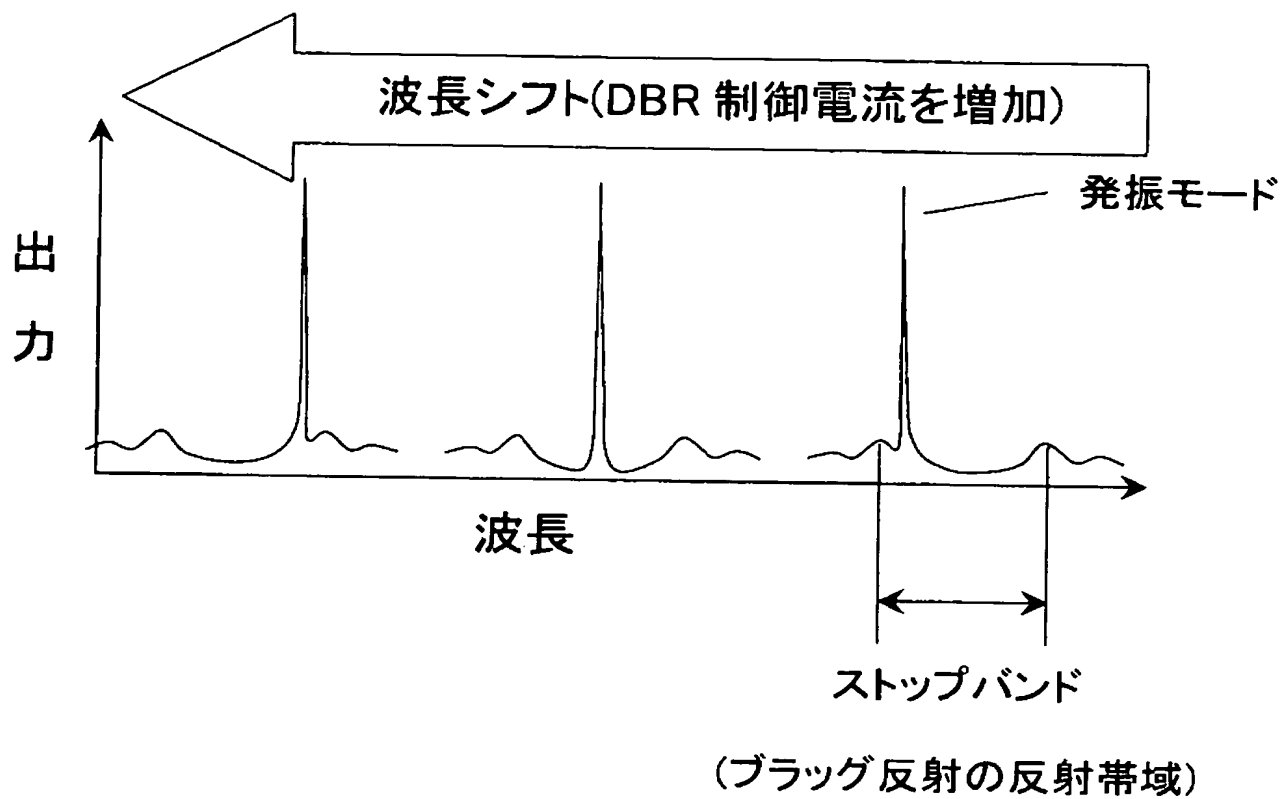


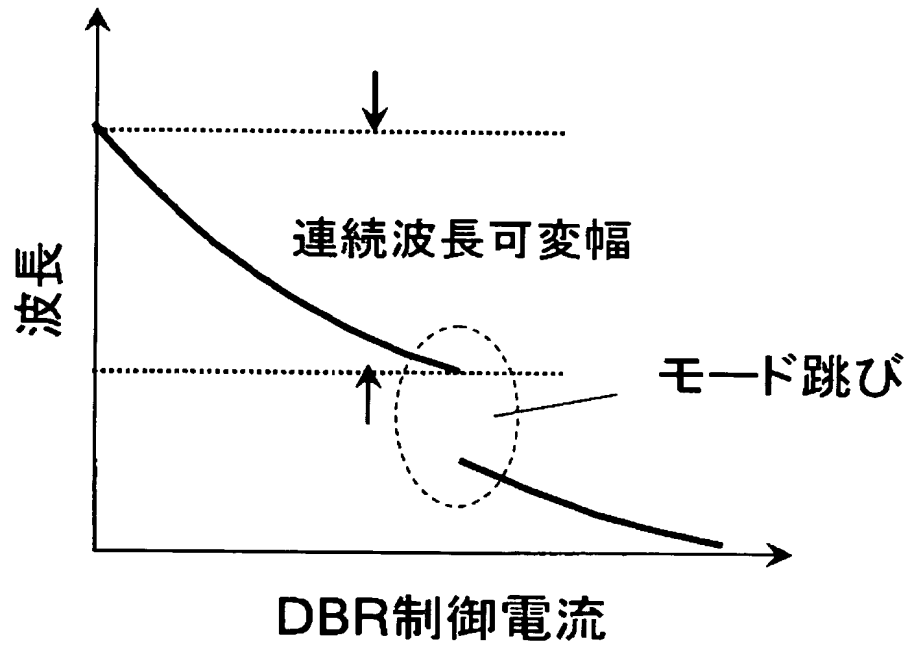


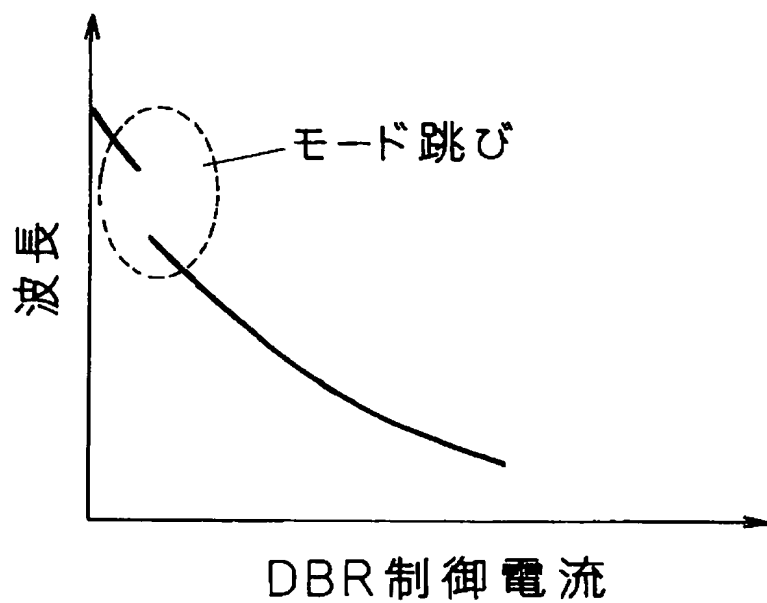


結合定数 $\kappa(\text{cm}^{-1})$	実効長飽和値 (μm)
40	123.9
50	99.5
60	83.0
70	71.2
80	62.4
90	55.5
100	49.9
110	45.4
120	41.6
130	38.4
140	35.7
150	33.3









【要約】

【課題】 より広帯域の波長可変特性をもち、6 nm以上の連続波長シフトが可能でありながら従来技術に比べて高出力なDBR型波長可変光源を提供する。

【解決手段】 基板21上に形成した光導波路が、発光機能を有する活性領域22と、この活性領域22の両端に設けられた非活性領域23とを備え、この非活性領域23は、絶縁領域25と波長可変機能を有する前側及び後側DBR領域24、25を有するとともに、後側DBR領域29には、実効長の飽和値の95%以上となる長さの回折格子を形成する一方、前側DBR領域24には前記長さよりも短い回折格子を形成し、この前側DBR領域から光を取り出すようにした。

【選択図】 図1

0 0 0 0 0 4 2 2 6

19990715

住所変更

5 9 1 0 2 9 2 8 6

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

日本電信電話株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/005246

International filing date: 23 March 2005 (23.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-083998
Filing date: 23 March 2004 (23.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 14 July 2005 (14.07.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☒ OTHER: cut left

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**